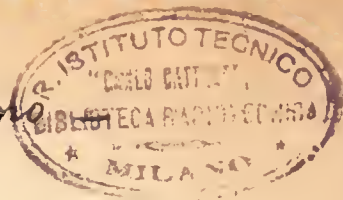


# Istituto Radiotecnico - Milano



J. Frederick Corrigan, M. Sc. Manchester (Associate of the Institute of Chemistry of Great Britain & Ireland)

Carborundum and its use in radio science.

Il carborundo e il suo uso nella radiotecnica.

Tradotto dall' Ing. Dr. S. De Capisani

The radio-sensitive properties of the synthetic product, carborundum, have long been known. In the early days of wireless telegraphy carborundum detectors were almost exclusively employed for commercial working. The carborundum detector was also employed almost universally in the Army and Air Services of the Allied Forces during the Great War, the important feature of this type of crystal rectifier being its enormous stability and its practically even-sensitivity.

Despite the fact that crystal rectification has now almost completely superseded by the more convenient and satisfactory methods of valve reception, carborundum detectors still find a certain degree of application, particularly for crystal set reception at short distances from a broadcasting station. Indeed, modern types of carborundum detectors are still manufactured fairly exten-

Le proprietà radio-sensitive del prodotto sintetico carborundo sono note da tempo. Nei primordi della radio telegrafia si impiegavano quasi esclusivamente detector a carborundo per gli scopi commerciali. Il detector a carborundo fu anche quello impiegato quasi universalmente durante la grande guerra per i servizi dell'esercito e dell'aviazione delle forze alleate, poiché la caratteristica di questo rettificatore a cristallo è la sua grandissima stabilità e la sua sensibilità praticamente uniforme.

Malgrado il fatto che la rettificazione a cristallo sia ora stata quasi completamente sostituita dal metodo più conveniente e soddisfacente della ricezione mediante valvole termoioniche, i detector a carborundo trovano ancora un certo numero di applicazioni, specialmente per apparecchi riceventi a cristallo, da impiegarsi a piccole distanze dalle stazioni trasmettenti. Infatti



sively in England and in America, and in those countries they are, to the knowledge of the present writer, still popular with a certain section of radio and scientific amateurs.

Carborundum, as is well-known, is a carbide of the element Silicon. It possesses the formula  $\text{SiC}$  and it occupies the position of an extremely important industrial commodity.

Silicon carbide, or carborundum, was first produced by E. G. Acheson in the year 1891. This investigator obtained small quantities of the material by fusing varying proportions of purified sand and carbon in a high-temperature electric furnace.

Carborundum possesses the honour of being the first crystalline substance to be employed for the purpose of radio rectification, it being used for this purpose by General Dunwoody, of the United States Signal Corps, in 1906. Dunwoody also investigated the rectifying properties of various minerals, but he obtained the greatest commercial success

in the modern type of detector with carborundum. This material is still manufactured very largely in England and in America, and in these places, as yet, it is, for all practical purposes, the only one, for as far as the writer is concerned, it is still the only one, for as far as the writer is concerned, it is still the only one, for as far as the writer is concerned, it is still the only one.

The carborundum, as is well-known, is a carbide of the element Silicon. It possesses the formula  $\text{SiC}$ , and it occupies the position of an extremely important industrial commodity.

The carbide of silicon, or carborundum, was first produced by E. G. Acheson in the year 1891. This investigator obtained small quantities of the material by fusing varying proportions of purified sand and carbon in a high-temperature electric furnace. The carbide of silicon, or carborundum, was first produced by E. G. Acheson in the year 1891. This investigator obtained small quantities of the material by fusing varying proportions of purified sand and carbon in a high-temperature electric furnace. The carbide of silicon, or carborundum, was first produced by E. G. Acheson in the year 1891. This investigator obtained small quantities of the material by fusing varying proportions of purified sand and carbon in a high-temperature electric furnace.



with his carborundum-steel detectors.

At the present time, the bulk of the world's supply of carborundum is manufactured by the Carborundum Company of America at their works at Niagara Falls, U. S. A. Electrical power is extremely cheap in this locality owing to the proximity of the Niagara Falls hydro-electrical generating stations, and it is very necessary to have abundant supplies of cheap electrical energy for the successful commercial manufacture of this synthetic product.

In outline, the manufacture of commercial carborunds as it is now undertaken at Niagara Falls consists in submitting an intimate of finely-ground mixture of sand and carbon (purified coke) to fusion in an electric furnace at an average temperature of  $3500^{\circ}$  Cent.

The carborundum furnace, in its essentials, usually takes the form of a large oblong structure with immovable ends, but with sides which can readily be built up and taken down as required. Massive carbon electrodes project into the furnace between the two ends, and granulated coke is packed

acciaio

A' nostri giorni la maggior parte del fabbisogno mondiale di carborundi è prodotta dalla Compagnia Americana del carborundo, che lavora presso le Cascate del Niagara. L'energia elettrica è assai a buon mercato nella località, data la vicinanza della centrale idro-elettrica delle Cascate del Niagara, ed è infatti necessario avere abbondanti disponibilità di energia elettrica a buon mercato per poter produrre a prezzi commercialmente convenienti questo prodotto sintetico.

Schematicamente, la produzione industriale di Carborundi come è ora effettuata alle Cascate del Niagara, consiste nel sottomettere una miscela intima e finemente polverizzata di sabbia silicea e carbone (coke purificato) alla fusione in un forno elettrico, alla temperatura media di  $3500^{\circ}$  Cent.

Il forno elettrico nella sua parte essenziale ha generalmente la forma di una grande cestrone allungata col fondo fisso, ma le cui pareti laterali possono essere prontamente costruite od abbattute a seconda del bisogno. Elettrodi massicci di carbone entrano nel forno dai due lati, e del coke granulato viene stipato



between them. A mixture of finely-ground sand and coke, to which is also added a proportion of common salt in order to make the mass more easily fusible, and a quantity of common sandust to render the product porous, is packed into the heart of the furnace until it entirely fills the remaining space in the furnace and is held together by the walls.

A heavy electric current is passed through the furnace for a period of between 8 and 12 hours, during which time the silica and the carbon interact, producing silicon carbide or carborundum, according to the following equation:—



The carbon monoxide gas escapes through the porous mass, and, usually, it is inflamed at some convenient point of its escape system.

After the reaction has been completed, the furnace is allowed to cool down. The side walls are then removed, and the crude mass of carborundum dug out. The carborundum is subsequently treated

fra essi. Una miscela di sabbia e coke finemente granulati viene ora stipata nel centro del forno finché viene a riempire completamente il restante spazio e ad aderire alle pareti: ad essa viene anche aggiunta una certa dose di sal comune per renderla più facilmente fusibile, ed una certa quantità di segatura comune per rendere porosa il prodotto.

Un'intensa corrente elettrica è fatta passare nel forno per un periodo di tempo compreso tra le 8 e le 12 ore, durante il quale il silicio e il carbonio reagiscono tra di loro, producendo carburo di silicio o carborundo, secondo l'equazione:



Il protossido di carbonio, gassoso, sfugge attraverso la massa porosa e di solito viene acceso in un punto conveniente delle tubazioni di scarico.

Dopo ultimata la reazione, si lascia raffreddare il forno. Le pareti laterali vengono rimosse e la massa greggia di carborundo è estratta. Il carborundo vien poi trattato con acido solforico diluito per eliminarne

with dilute sulphuric acid to remove impurities, washed, dried, broken up, and graded according to the size of the pieces and the requirements for which they are intended. Perfectly pure carborundum is almost colourless, its characteristic colours varying from steel-blue, through emerald-green to red-brown being mainly due to the presence of traces of varying impurities.

The commercial product has a specific gravity of 3.2, and next to the diamond, it is the hardest material known to science. In view of this fact it is employed in enormous quantities in industry for the preparation of abrasive and grinding materials, the production of carborundum by the Niagara Falls factory for the purpose alone being many thousands of tons annually.

Good grades of commercial carborundum are entirely unattacked by acids - even by hydrofluoric acid. The material, however, is decomposed on fusion with caustic alkalies, such as potassium and sodium

the impurities, and is then washed, dried, as before, fractured and graded to in grosszza a seconda della grandezza dei pezzi e degli scopi per i quali deve servire.

Se perfettamente puro, il carborundo è quasi incolore, poichè il suo colore caratteristico che varia tra il blu-acciaio e il verde smeraldo o il bruno-rosso è dovuto prevalentemente alla presenza di tracce d'impurità di varia natura.

Il prodotto commerciale ha un peso specifico di 3,2 ed è, dopo il diamante, il materiale più duro conosciuto dalla scienza. In conseguenza di tale fatto esso è impiegato in quantità enormi nell'industria per la preparazione di materiali abrasivi e per macinazione, e la produzione di carborundo delle fabbriche presso le Cascate del Niagara raggiunge da sola parecchie migliaia di tonnellate annuali.

Le buone qualità di carborundo commerciale sono affatto intaccabili dagli acidi, persino dall'acido fluoridrico. La sostanza è tuttavia decomposta se fusa con alcali caustici, quali



hydrates ( $KOH$  &  $NaOH$ ).  
Carborundum possesses great heat-resisting properties. It has, also, a high resistance to the electric current.

Its main property, however, in the eyes of the radio technician, is its now well-known property of uni-lateral conductivity, which property enables it to be employed as a rectifier of high-frequency currents.

The carborundum which is most sensitive as a radio rectifier is steel-blue in colour, showing here and there iridescent patches of red and violet coloration. Physically, it exhibits a coarse-grained and needle-like formation. It is extremely brittle but it will scratch hard substances with the greatest of ease.

The carborundum best suited for radio uses occurs in the mass which forms the outer crust of the fused materials as it is withdrawn from the manufacturing furnace, and, curiously enough, it is precisely this mass of material which of the least use for industrial employments.

gli idrati di potassio e di sodio ( $KOH$  &  $NaOH$ ).

Il carborundo possiede grandi proprietà di resistenza al calore ed ha anche una grande resistenza elettrica.

La sua proprietà principale agli occhi dei radio-tecnici è tuttavia la sua ben nota proprietà di conducibilità unilaterale, proprietà che lo rende atto ad essere impiegato come rettificatore per le correnti di alta frequenza.

Il carborundo più sensibile come radio-rettificatore e di colore bleu-acciaio, mostra qua e là delle chiazze di colore rosso e violetto. Fisicamente mostra una struttura minutamente granulare ed aghiforme; è estremamente fragile, ma incide le sostanze dure con la più grande facilità.

Il carborundo più adatto agli usi radiotecnici si trova nella massa che forma la crosta esteriore del materiale fuso quando questo viene estratto dal forno, e, cosa abbastanza curiosa, è precisamente questa massa di materiale che è la meno adatta per gli usi industriali.

7.

As a rectifier of high-frequency current, carborundum is always employed in contact with a strip of steel, the steel strip being applied with a pressure of approximately 12-16 ounces. A good crystal of carborundum is equally sensitive all over its surface. Therefore, the steel strip can make contact satisfactorily at any portion of the surface of the crystal.

A consideration of the characteristic curve of the carborundum-steel detector will show that the contact rectifies most efficiently when a current of approximately 0,7 volts is passed through it, for at this applied voltage the curve bends sharply upwards. It is for this reason that carborundum detectors have invariably been used together with a potentiometer and a small local cell.

It should be borne in mind, however, that the carborundum-steel detector is will function to some extent without the aid of an applied local current; but, under these conditions, the detector is usually

Come rettificatore per le correnti di alta frequenza il carborundo viene sempre impiegato in contatto con una striscia di acciaio: quest'ultima è applicata con una pressione di 12-16 oncie (340 - 450 gr.). Un buon cristallo di carborundo è ugualmente sensibile su tutta la sua superficie; perciò la liscia d'acciaio può dare un contatto soddisfacente sopra ogni porzione della superficie del cristallo.

L'esame della curva caratteristica del detector carborundo-acciaio mostra che il contatto rettifica con efficienza molto maggiore quando lo attraversa una corrente a 0,7 volt, poiché in corrispondenza di questo voltaggio applicato la curva si piega verso l'alto con angolo acuto. È per questo motivo che i detector a carborundo sono sempre stati usati con un potenziometro ed una piccola pila locale.

Bisogna tuttavia ricordare che il detector a carborundo-acciaio può funzionare entro certi limiti senza bisogno che gli sia applicata una corrente locale; ma, in queste condizioni, il detector è di solito sensibile soltanto per



only sensitive to radio signals coming from a distance not exceeding two miles. The reception afforded under these conditions, also, is generally weak and ineffective.

Carborundum will function to some slight extent as a rectifier in contact with minerals such as zincite, galena and pyrites. It will rectify with metallic contacts such as copper, brass, and even with metals such as cadmium and zinc. All these contacts, however, are very much inferior to a plain steel contact, applied with pressure, and they are of no practical use whatever.

In the early days of radio science the orthodox type of carborundum detector was a somewhat massive and cumbersome affair. It was usually mounted on top of the panel of the receiving set, and it was provided with an adjusting screw by means of which the pressure of the steel contact on the carborundum could be varied.

In the modern type of carborundum detector, however

per i radio segnali provenienti da una distanza non superiore alle due miglia. La ricezione effettuata in queste condizioni è in generale e inefficiente.

Il carborundo può funzionare, per alcune piccole estensioni, come rettificatore, in contatto con minerali come la zincoite, la galena e la pirite. Rettifica pure con contatti metallici, come rame, bronzo ed anche con metalli come il cadmio e lo zinco. Tuttavia tutti questi contatti sono molto inferiori al contatto piano con acciaio, applicato con pressione, e non si prestano a tutti gli usi pratici.

Nei primi giorni della scienza radiotecnica il tipo corrente di detector a carborundo era un apparecchio alquanto massiccio ed ingombrante. Era solitamente montato all'estremità del pannello dell'apparecchio ricevente, ed era munito di una vite di aggiustaggio, mediante la quale si poteva variare la pressione del contatto di acciaio sul carborundo.

Nei tipi moderni di detector a carborundo invece gli elementi



the rectifying elements are completely enclosed in a sealed tube. They are thus protected from dust and atmospheric influences. The tube containing the detector elements is usually mounted on a small ebonite panel, together with a convenient potentiometer and a small dry cell of large capacity. This construction enables all the well-known features of the carborundum-steel contact to be put to use in the most convenient manner, and it forms the accepted design of carborundum detector at the present day.

Carborundum has a few other uses in radio science besides that of a rectifier.

On account of its high resistance, rods of this material have recently been incorporated into grid-leads and anode resistances, the main advantage of these being the unalterability of the carborundum's resistance under any possible adverse conditions to which it might be subjected.

A "Carborundum Resistance-Capacity Coupling Unit" has also recently been placed on

rettificatori sono completamente racchiusi in un tubo sigillato: essi sono così protetti contro l'umidità e gli agenti atmosferici. Il tubo contenente gli elementi rettificatori è normalmente montato su un piccolo pannello di ebanite, unitamente a un adatto potenziometro e a una pila a secco di grande capacità. Questa disposizione permette di usare nella maniera più conveniente tutte le diverse varietà di acciaio carborundo e forma il tipo di rettificatore a carborundo accettato ai nostri giorni.

Il carborundo ha alcuni pochi altri usi nella radiotecnica, altri inferiori di quello come rettificatore. Data la sua grande resistenza, bastoncini di questo materiale sono stati recentemente incorporati nelle resistenze di griglia ed anodiche, ed il vantaggio principale che se ne raggiunge è l'inalterabilità della resistenza del carborundo in tutte le possibili condizioni sfavorevoli alle quali esso può trovarsi ad essere soggetto.

Recentemente la Compagnia Americana-Inglese del carborundo ha messo sul mercato una "unità"

the market by the Carborundum Company of England and America. This device, it is claimed, is more satisfactory in operation than the low-frequency method of amplifier coupling.

It presents no unwanted capacity effects, and it enables a complete absence of "background effects", and it enables a complete absence of "background noise" to be obtained in the amplified signals.

Doubtless, therefore, further radio applications will be made of this useful material, carborundum. Even if its use as a crystal rectifier is now severely limited, its applications as a resistance unit are becoming more widely known, and it is in directions such as this that the material will be increasingly used in future.

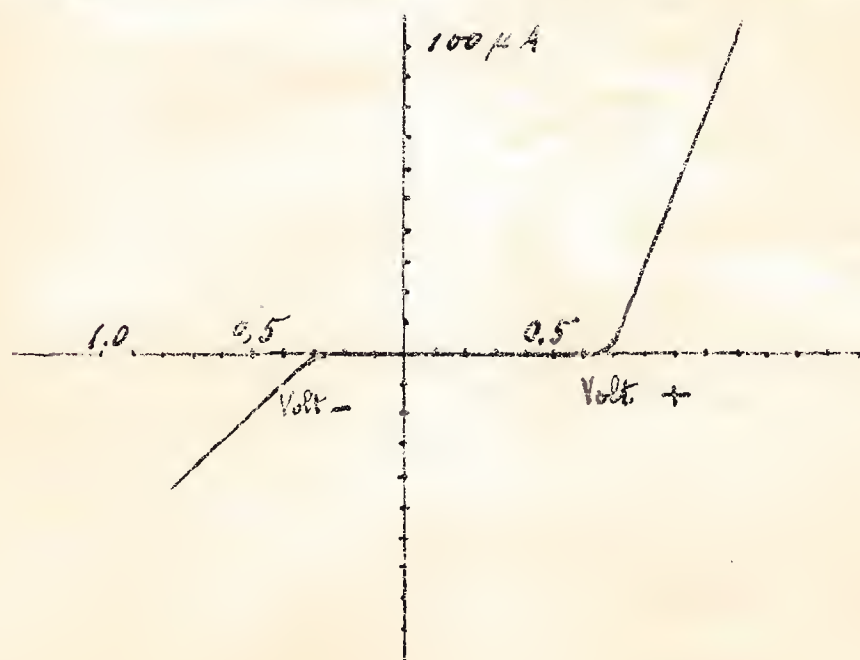
di accoppiamento a resistenza-capacità a "carborundo".

Questo apparecchio viene affermato essere più soddisfacente nei suoi risultati che il metodo di accoppiamento amplificatore a bassa frequenza. Esso non presenta infatti inaspettati effetti di capacità e consente di ottenere nei segnali amplificati una completa assenza di "suoni di retrofondo".

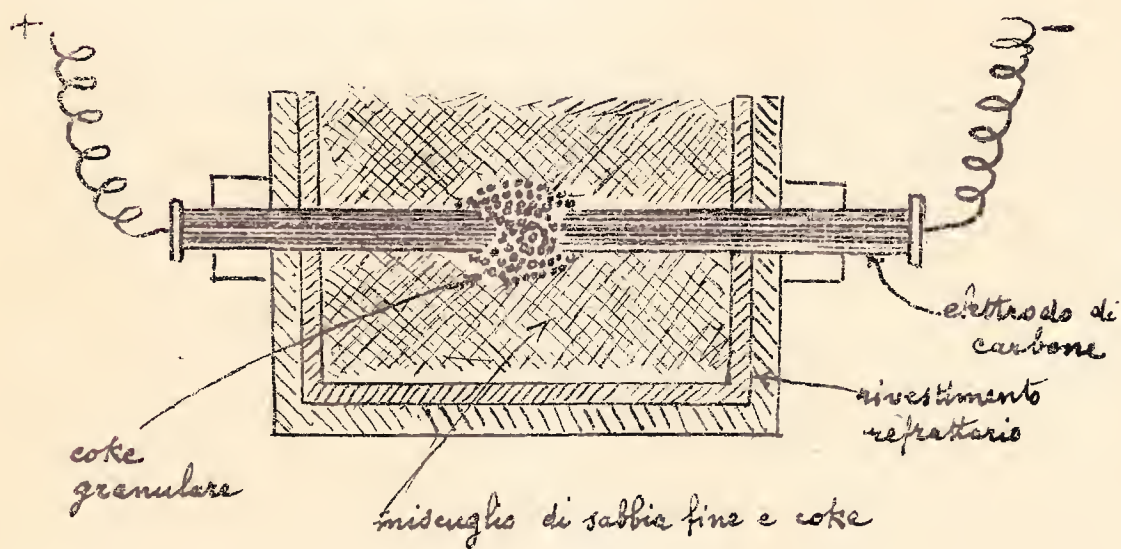
Perciò, senza dubbio, del carborundo, di questo utile materiale, verranno fatte ulteriori applicazioni nella radiotecnica. Anche se il suo uso come rettificatore a cristallo è ora strettamente limitato, le sue applicazioni come unità di resistenza cominciano ad essere largamente conosciute, e in questa direzione il materiale potrà sempre più essere usato in avvenire.



Curva caratteristica di un rettificatore Carborundo - acciaio



Rappresentazione diagrammatica del forno a carborundo



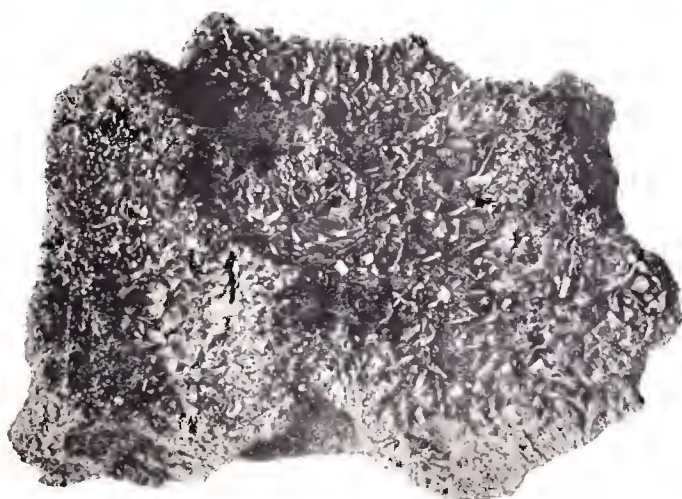


Fig. 1 - Carborundum grezzo estratto dal forno.



Fig. 4 - Antico tipo di rivelatore a carborundum usato dalle navi sul mare.

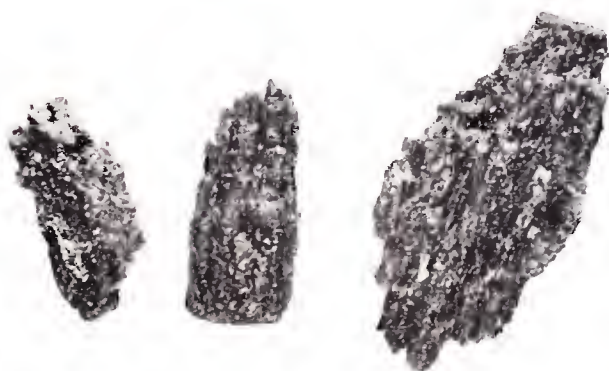


Fig. 2 - Campioni scelti di carborundum radio - sensibile



Fig. 5 - Forno elettrico per la fabbricazione del carborundum (The Carborundum Company - Cascade del Niagara, U. S. A.)



Fig. 3 - Tipo moderno di rivelatore a carborundum che comprende potenziometro e pila a secco.

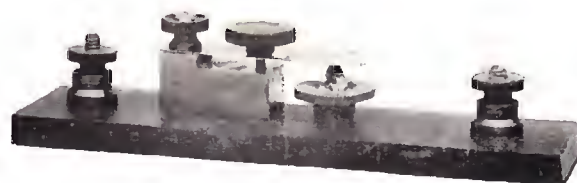


Fig. 6 - Tipo di rivelatore a carborundum usato dalle Armate alleate durante la guerra europea (1914 - 1918).